MANUAL DE SEGURIDAD PARA OPERACIONES CON RIESGO DE EXPOSICIÓN A RADIOFRECUENCIAS

Elaborado por:

Dagmar L. Recalde Ruiz

Roberto Laborda Grima

Roberto Tolsa Martínez

Nieves Marqués Giménez

INICIATIVAS E INNOVACIÓN, S. L. L.

PRESENTACIÓN

Se entiende por radiación toda forma de transmisión de la energía que no necesita un soporte material, siendo su origen los elementos que constituyen la propia materia, es decir, las moléculas y los átomos.

Aunque todas las radiaciones responden fundamentalmente al mismo fenómeno, unas de otras se diferencian entre sí en el valor de su **frecuencia**. Esta magnitud se mide en hertzios o sus múltiplos. Cuanto mayor es la frecuencia de una radiación, tanto mayor es su energía y mayor es su peligrosidad. Otra magnitud que también define una radiación es su **longitud de onda**, relacionada con la inversa de la frecuencia, de modo que cuanto mayor es la frecuencia de una radiación menor es su longitud de onda y viceversa.

Tanto las llamadas radiofrecuencias como las radiaciones láser, que se abordan en el presente manual, pertenecen al conjunto de las radiaciones **no ionizantes**, denominadas así porque al no ser capaces de arrancar electrones de la corteza de los átomos, no provocan su ionización.

El presente documento pone a disposición de los usuarios y personas expuestas a radiaciones no ionizantes, una herramienta sencilla y útil, que les permita identificar y analizar los riesgos asociados a tales formas de energía, así como las medidas que deben implantarse para su prevención y control.

ÍNDICE

1. FUENTES GENERADORAS Y APLICACIONES DE LAS RADIOFRECUENCIAS (RF) Y MICROONDAS (MO)

2. EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA EXPOSICIÓN A RF Y MO

- **2.1. Efectos térmicos**
- **2.2. Efectos no térmicos**

3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RF Y MO

- **3.1. Medición de las emisiones de RF y MO**
- **3.2. Valores límite de exposición**
  - 3.2.1. Disposiciones para el público en general
  - 3.2.2. Recomendaciones para trabajadores profesionalmente expuestos

4. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN A EMISIONES DE RF Y MO

5. TRABAJOS CON EQUIPOS LÁSER

- **5.1. Riesgos derivados de la utilización de radiaciones láser**
- **5.2. Medidas de protección**

6. REQUISITOS DE SEGURIDAD A CUMPLIR POR LOS EQUIPOS DE TRABAJO UTILIZADOS O DESARROLLADOS

7. REFERENCIAS LEGALES

8. BIBLIOGRAFÍA

1. FUENTES GENERADORAS Y APLICACIONES DE LAS RADIOFRECUENCIAS (RF) Y MICROONDAS (MO)

Dentro de las radiaciones no ionizantes, **las radiofrecuencias (RF)** y **las microondas (MO)** se encuentran en la región del espectro electromagnético comprendido entre 1 KHz y 300 GHz. A su vez, estas radiaciones se dividen en diferentes subregiones, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Bandas del espectro electromagnético en la región de RF y MO

FRECUENCIA (f) LONGITUD DE ONDA (λ)	BANDAS
< 30 KHz (<10 Km) (Subradiofrecuencias)	Frecuencias extremadamente bajas (ELF)
30 KHz - 300 KHZ (10 Km - 1 Km)	Baja frecuencia (LF)
300 KHz - 3MHz (1 Km - 100 m)	Frecuencia media (MF)
3 MHz - 30M Hz (100m - 10 m)	Alta frecuencia (HF)
30 MHz - 300 MHz (10m - 1m)	Muy alta frecuencia (VHF)
300 MHZ - 3 GHz (1m - 100 mm)	Ultra alta frecuencia (UHF)
3 GHz - 30 GHz (100 mm - 10 mm)	Super alta frecuencia (SHF)
30 GHZ - 300 GHz (100 mm - 1mm)	Extremadamente alta frecuencia (EHF)

De forma permanente estamos expuestos a la acción de **campos electromagnéticos naturales**, relacionados con el Sol, la Tierra y las tormentas eléctricas. Pero además, en los últimos años se han incrementado y diversificado las **fuentes artificiales de radiaciones no ionizantes** por los vertiginosos avances tecnológicos de las telecomunicaciones.

Entre las **fuentes generadoras** y las principales aplicaciones de las RF y las MO, se pueden citar algunas como:

- Transporte y utilización de energía eléctrica. Ultrasonidos (ELF)
- Calentamiento por inducción magnética, terminales de ordenadores, antenas de radionavegación, equipos de soldadura al arco (LF)
- Radiodifusión AM, termoselladoras, radioteléfonos marinos (MF)
- Transmisiones de radio en onda corta (OC), sistemas antirrobo, equipos para diatermia quirúrgica (HF)
- Transmisiones de radio FM y de televisión (VHF)
- Hornos de microondas, aplicaciones fisioterapéuticas, telefonía móvil, sistemas antirrobo (UHF)
- Comunicaciones diversas por radar, satélite, etc. (SHF y EHF)

En las figuras 1 y 2 se muestran dos ejemplos de fuentes transmisoras y receptoras de RF, utilizadas en laboratorios docentes y de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Figura 1. Montaje para realizar medidas de polarización de antenas

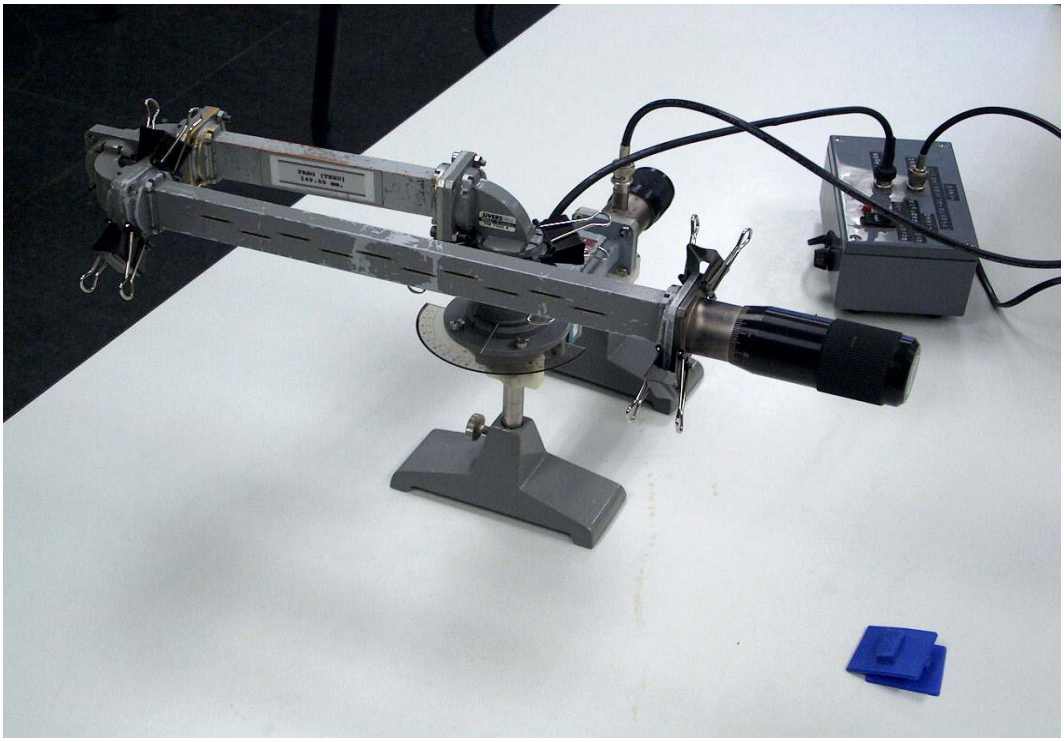

Figura 2. Agrupación de ranuras montadas como antena transmisora

2. EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA EXPOSICIÓN A RF Y MO

En principio, se consideran perjudiciales, las alteraciones biológicas de carácter irreversible que se derivan de la exposición a tales radiaciones.

La **información** disponible por el momento, sobre los bioefectos de las radiofrecuencias y microondas es aún **limitada e incompleta**, por lo cual se mantienen abiertas las investigaciones de diversos comités de expertos nacionales e internacionales, con la finalidad de establecer unos criterios adecuados de seguridad frente a estos tipos de radiaciones.

Los **estudios epidemiológicos y los experimentales**, tanto “in vivo” como “in vitro” realizados hasta la fecha, **no aportan pruebas concluyentes** que permitan establecer un mecanismo de actuación o modelo animal o celular que demuestre una relación causa-efecto entre los campos electromagnéticos y la aparición de patologías severas para la salud humana.

De forma general, las radiaciones electromagnéticas pueden ser absorbidas, reflejadas o transmitidas por la materia, experimentando diversos grados de atenuación. Estos fenómenos dependen, entre otros factores, de:

- La frecuencia o longitud de onda de la radiación
- El tiempo de exposición
- Algunas características del medio material como conductividad, constante dieléctrica, tamaño, espesor, etc.

En la tabla 2 se puede apreciar el grado de penetración de radiofrecuencias y microondas a través de algunos medios biológicos, a determinados valores de frecuencias.

Tabla 2. Profundidad de penetración (cm) de RF y MO.

Frecuencia (MHz)	En músculos, tejidos y piel con alto contenido en agua	En huesos, grasa y tejidos con bajo contenido en agua
27,12	14,30	159,00
100	6,66	60,40
300	3,89	32,10
750	3,18	23,00
1.500	2,42	13,90
3.000	1,61	9,74
8.000	0,41	4,61
10.000	0,34	3,39

En los seres vivos expuestos a radiofrecuencias y microondas, los efectos se clasifican según su origen en: térmicos y no térmicos.

2.1. EFECTOS TÉRMICOS

Los efectos térmicos principales son:

- Hipertermia
- Quemaduras
- Cataratas
- Esterilidad

La absorción de energía electromagnética por los tejidos y su conversión en calor produce incrementos de temperatura en el interior del cuerpo, debido al relativo poder de penetración de las RF y MO. Estos efectos se manifiestan principalmente en los órganos menos vascularizados y que, por consiguiente, tienen mayores dificultades para disipar el calor, como son los ojos y los testículos.

Algunos resultados experimentales indican que exposiciones de 30 minutos a RF con tasas de absorción específicas (SAR) de 1 a 4W/Kg pueden provocar en los seres humanos en reposo incrementos de temperatura inferiores a 1°C.

Si los valores de SAR se incrementan se puede superar la capacidad temorreguladora del organismo y provocar hipertermia. Sobre la base de estos datos se ha establecido un nivel de SAR de 0,08 W/Kg como límite de seguridad recomendado para el público en general.

Los efectos térmicos también se han relacionado con alteraciones del sistema nervioso central, debido a un incremento de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica a ciertas sustancias normalmente excluidas del parénquima cerebral.

2.2. EFECTOS NO TÉRMICOS

Algunos trastornos del organismo expuesto a RF y MO, que no están acompañados por pequeños incrementos de temperatura, reciben el nombre de efectos no térmicos. De éstos, cabe señalar los siguientes:

- Transformaciones celulares, cromosómicas y genéticas
- Efectos sobre el sistema hematopoyético
- Cambios en el ritmo cardiaco y de la tensión arterial
- Alteraciones endocrinas y neuro-endocrinas
- Efectos sobre la audición
- Variaciones en el comportamiento de los individuos
- Alteraciones electroencefalográficas

3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RF Y MO

3.1. MEDICIÓN DE LAS EMISIONES DE RF Y MO

La utilización de equipos de medición apropiados permite cuantificar el **nivel de exposición** y valorarlo por comparación con los **valores límite**. La evaluación del riesgo exige conocer las magnitudes H (campo magnético), E (campo eléctrico) o S (densidad de potencia de la onda) de los campos electromagnéticos próximos a la persona. Como regla general se debe disponer de información previa sobre las fuentes emisoras, para averiguar las frecuencias de emisión del campo.

Los **equipos de medición** están integrados por un dispositivo medidor y un conjunto de sondas intercambiables, según la frecuencia y la componente del campo que se pretende medir.

La figura 3 muestra un equipo para la medición de campos electromagnéticos comprendidos entre 27 MHz y 1 GHz.

Figura 3. Sonda de campo magnético tipo 10

Las **mediciones** deben ser representativas de las exposición real, teniendo en cuenta la posición y movilidad de los individuos y deben tener una duración suficiente, normalmente superior a 6 minutos para altas frecuencias. Es importante evitar las posibles perturbaciones del campo por los propios técnicos y los sujetos expuestos.

Para bajas frecuencias se deben medir los valores de E y H por separado, mientras que para altas frecuencias, generalmente es suficiente con la obtención de un único parámetro asociado, la densidad de potencia (S), expresada en W/m^2.

3.2. VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

Los valores límite de exposición propuestos por la legislación y directrices no vinculantes se basan en **bioefectos comprobados**, como son la estimulación nerviosa, muscular o la elevación de la temperatura en algunos tejidos.

Al consultar la información sobre valores límites de exposición es necesario considerar dos cuestiones esenciales:

- Disposiciones para el **público en general**
- Recomendaciones para **trabajadores profesionalmente expuestos**

3.2.1. Disposiciones para el público en general

Se hallan recogidas en el **Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre**, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. Los **valores límite** se presentan sobre la base de dos conceptos: restricciones básicas y niveles de referencia.

- **Restricciones básicas**. Son limitaciones de la exposición electromagnética basadas directamente en efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Según la frecuencia del campo, las cantidades físicas utilizadas para establecer estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J), el índice de absorción específica de energía (SAR) y la densidad de potencia (S).
- **Niveles de referencia**. Estos valores permiten determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas. Las magnitudes utilizadas en este caso son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la inducción magnética (B), la densidad de potencia (S) y la corriente en extremidades (I_a).

La tabla 3 muestra las **restricciones básicas** para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en las bandas de frecuencias comprendidas entre 0 Hz y 300 GHz.

Tabla 3. Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos comprendidos entre 0 Hz y 300 GHz.

Intervalo de frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m^2)	SAR medio de cuerpo entero (w/Kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (w/Kg)	SAR localizado (miembros) (w/Kg)	Densidad de potencia S (w/m^2)
0 Hz	40	-				
> 0 - 1 Hz	-	8				
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 – 1000 Hz	-	2				
1000 Hz –100 kHz	-	f/500	-	-	-	
100 kHz – 10 MHz	-	f/500	0,08	2	4	
10 MHz – 10 GHz	-		0,08	2	4	-
10 – 300 GHz	-		-	-	-	10

En la tabla 4 es posible consultar los **valores eficaces de referencia límite**. El cumplimiento del nivel de referencia asegurará el adecuado respeto de la restricción básica pertinente.

Tabla 4. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos comprendidos entre 0 Hz y 300 GHz.

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m^2)
0 - 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	
1 - 8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8 - 25 Hz	10.000	4 000/f	5 000/f	
0,025 - 0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	
0,8 - 3 kHz	250/f	5	6,25	
3 - 150 kHz	87	5	6,25	
0,15 - 1 MHz	87	0,73/f	0, 9 2/f	
1 - 10 MHz	$8\ 7/f^{1/2}$	0,73/f	0, 9 2/f	
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	f/200
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Si los valores medidos son mayores que los niveles de referencia, no implica, necesariamente, que se hayan sobrepasado las restricciones básicas. En tales circunstancias es necesario comprobar si los niveles de exposición son inferiores a dichas restricciones.

En determinadas situaciones en las que la exposición está muy localizada, como ocurre con los teléfonos portátiles y la cabeza del usuario, no es apropiado utilizar los niveles de referencia. En estos casos debe valorarse directamente si se respeta la restricción básica correspondiente.

Las Comunidades Autónomas de Cataluña y Castilla La Mancha tienen valores límite de exposición a emisiones electromagnéticas más restrictivas, que los anteriormente mostrados, recogidos en el Decreto 148/2001 y en la Ley 8/2001, respectivamente.

En el ámbito estatal es necesario resaltar, además, la Orden Ministerial CTE/23/2002, de 11 de enero, que establece las condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.

3.2.2. Recomendaciones para trabajadores profesionalmente expuestos

Ante ausencia de normativa legal que regule la exposición laboral a RF y MO, se recurre habitualmente a consultar las guías de la International Comission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) para exposición laboral. La ICNIRP es una organización científica creada por la IRPA ("International Radiation Protection Asociation"), reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea (UE), como organismo de referencia en relación con los campos electromagnéticos.

La tabla 5 muestra los **valores eficaces de referencia límite** recomendados para entornos laborales, teniendo en cuenta que los individuos sujetos a estas limitaciones son adultos aparentemente sanos que han recibido información y formación para protegerse frente a la emisión de radiaciones electromagnéticas de frecuencia inferior a 300 GHz .

Tabla 5. Límites laborales ICNIRP para campos electromagnéticos hasta 300GHz

Frecuencia (f)	Campo Eléctrico E (V/m)	Campo Magnético H(A/m)	Inducción Magnética B (μT)	Densidad de potencia S W/m ^{2}
< 1Hz	-	$1{,}63 \times 10^5$	2×10^5	
1 - 8 Hz	20.000	$1{,}63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	
8 - 25Hz	20.000	$2 \times 10^4 / f$	$2{,}5 \times 10^4 / f$	
0.025 - 0.82 KHz	500/f	20/f	25/f	
0.82 - 65 KHz	610	24,4	30,7	
0.065 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	
10 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 - 2.000 MHz	$3f^{1/2}$	$0{,}008\ f^{½}$	$0{,}01\ f^{½}$	f/40
2 - 300 GHZ	137	0,36	0,45	50

4. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN A EMISIONES DE RF Y MO

Ante las múltiples interrogantes sobre los efectos para la salud que provocan las emisiones de RF y MO, es aconsejable actuar según los principios de **limitación prudente** y de **exposición tan baja como sea razonablemente posible**.

Como medida general, se debe evitar que el público y los trabajadores sean sometidos a niveles de radiación superiores a los límites establecidos en la normativa vigente, **restringiendo el acceso y señalizando adecuadamente** aquellas zonas donde exista riesgo de exposición.

La señal de advertencia de la exposición a RF o MO es la siguiente:

Radiaciones no ionizantes

Los trabajadores profesionalmente expuestos deben estar informados y formados en relación con las posibles emisiones de esta clase y tener a su alcance los medios de protección colectivos e individuales.

Conviene tener presente que la exposición a RF y MO depende, entre otros factores, de:

- El valor de la densidad de potencia (S) de las ondas en el punto de recepción
- Las magnitudes E y H (intensidades de campo eléctrico y magnético respectivamente)
- El tiempo de exposición

Por ello, las acciones correctoras deberán orientarse hacia la disminución de los valores de esas variables. Entre las **medidas preventivas** a implantar se pueden señalar las siguientes:

- Reducir del tiempo de exposición.
- Mantener las fuentes emisoras apagadas y desconectadas de la red eléctrica mientras no se utilizan.
- Evitar la realización de actividades de duración prolongada en zonas próximas a las fuentes generadoras de las emisiones de RF y MO, si se dispone de otras áreas con menor riesgo.

- ☞ Establecer una distancia de seguridad entre las fuentes emisoras y el receptor.
- ☞ Utilizar encerramientos. Están constituidos por “cajas” construidas con paneles metálicos que ofrecen continuidad conductora y con toma a tierra, donde el grosor, la permeabilidad magnética, la conductividad eléctrica del metal, la distancia de la pantalla a la fuente y la frecuencia de la onda, son las variables que intervienen en la atenuación.
- ☞ Utilizar pantallas de protección: Pueden ser de los siguientes tipos:
  - Mallas metálicas: Se construyen como entramados de cable metálico, de forma que el diseño tiene en cuenta el espesor del metal y la distancia entre los cables.
  - Paneles perforados: Paneles metálicos en el que se han practicado orificios.

Los trabajadores portadores de marcapasos así como las trabajadoras embarazadas constituyen **grupos laborales de riesgo especial** frente a determinadas exposiciones electromagnéticas, por lo cual deben informarse adecuadamente antes de someterse a estos campos.

En cuanto a las estaciones base de telefonía móvil, dispondrán de los certificados preceptivos para sus emisiones, según la Orden CET/23/2002. Se recomienda evitar su instalación en zonas muy próximas a centros escolares y áreas de recreo infantil para minimizar las percepciones de riesgo, sin suficiente comprobación científica hasta el presente, que provocan alarma social. Es aconsejable el uso de barreras e indicaciones que impidan el paso a pocos metros de las antenas, del público en general.

Para los usuarios de telefonía móvil se recomienda la selección preferente de los modelos de baja potencia de emisión y su utilización, lo más alejado posible de la cabeza, durante las conversaciones. Aquellos usuarios portadores de marcapasos, no deberán situar los teléfono próximos al corazón.

Como medida de protección adicional de los trabajadores, la Universidad Politécnica de Valencia ha establecido un sistema de monitorización permanente de campos electromagnéticos en zonas de interés público en los Campus de Vera, Gandía y Alcoy. A través de un conjunto de estaciones remotas, se miden y controlan diariamente los niveles de campos electromagnéticos en estas áreas. Los resultados de estas mediciones continuas están a disposición del público en general en la siguiente dirección de Internet:

http://www.smp.upv.es

5. TRABAJOS CON EQUIPOS LÁSER

Se conoce como **láser** toda radiación monocromática (que contiene una sola longitud de onda) ya sea visible, infrarroja o ultravioleta, coherente y direccional, formando un haz. Un haz de láser está perfectamente definido si se conocen:

- Su longitud de onda
- El tiempo de emisión
- La potencia o energía del haz
- El diámetro del haz
- Su divergencia

Se distinguen cinco clases de láser, a saber:

- **CLASE 1:** Equipos intrínsecamente seguros, en los que nunca se sobrepasa el nivel de exposición máxima permisible (EMP), definida como nivel de radiación láser al que, en circunstancias normales pueden exponerse las personas sin sufrir efectos adversos en los ojos o la piel. Se incluyen también en esta clase los aparatos que son seguros debido a su diseño.

- **CLASE 2:** Equipos de poca potencia de salida que emiten radiación visible (400-700 nm) y que pueden funcionar en modo continuo o pulsado. La potencia de estos sistemas está limitada a los de la clase 1 para duraciones de exposición de hasta 0,25 s.
- **CLASE 3A:** Equipos cuya potencia de salida es de hasta 5 miliwatios en emisión continua o cinco veces el límite de emisión accesible (LEA) máximo permitido de la clase 2 (emisiones pulsadas o repetitivas) para la región espectral visible (400-700 nm). La visión directa de un haz láser de esta clase puede ser peligrosa.
- **CLASE 3B:** Equipos que pueden emitir radiación visible o invisible, sin sobrepasar los 0,5 watios. La visión directa del haz de un láser de esta clase es siempre peligrosa.
- **CLASE 4:** Son los de máxima potencia, sobrepasando los LEA especificados para la clase 3B. Pueden causar lesiones en la piel y constituir peligro de incendio.

A modo de ejemplo, la figura 4 muestra un equipo láser de última generación para múltiples aplicaciones industriales (soldadura, temple superficial, etc.)

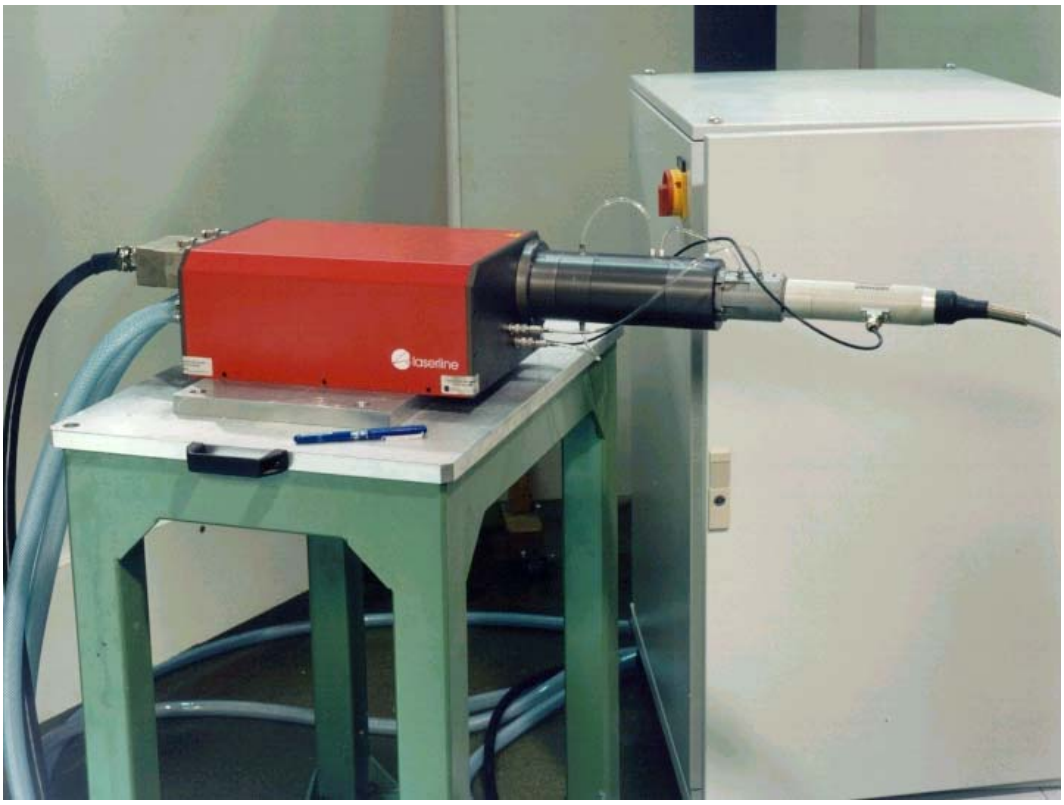

Figura 4. Ejemplo de equipo láser de uso industrial

5.1. RIESGOS DERIVADOS DE LA UTILIZACIÓN DE RADIACIONES LÁSER

Los láseres presentan **riesgos** muy diversos, dependiendo de las características propias de cada sistema, considerando aspectos como:

- **La capacidad de cada láser de producir daños en los ojos y en la piel**. Ésta es la misma que la radiación UV, visible e IR, teniendo en cuenta que su efecto es particularmente intenso. Dependerá de su longitud de onda, vascularización tisular, duración de la exposición y la potencia con que llega al trabajador.
- **El ambiente en que se utiliza el láser**. Es muy diferente trabajar con un láser en un recinto cerrado que en un ambiente exterior, donde cabe la posibilidad de reflexión del haz. Cuando se alcanzan grandes distancias habrá que evaluar los riesgos potenciales de transmisión a través de ventanas y reflexiones en espejos de vehículos o edificios.

En la tabla 6 se resumen algunos efectos biológicos que puede originar la utilización inapropiada de láseres.

Tabla 6. Efectos de los láseres en ojos y piel

TIPO DE LÁSER	DAÑOS EN LOS OJOS	DAÑOS EN LA PIEL
UV-A	Cataratas por exposiciones crónicas	Eritema e hiperpigmentación
UV-B	Fotoqueratitis por exposición aguda	Incremento de la pigmentación y quemaduras
UV-C	Fotofobia, lagrimeo, enrojecimiento	Melanoma
Visible	Quemaduras en la retina Pérdidas de la capacidad visual	La profundidad de penetración en la piel alcanza los 3,6mm de tejido
IR-A	Lesiones en la retina, la córnea y el cristalino	La radiación penetra hasta los 3,6mm de profundidad
IR-B	Daños en le cristalino y la córnea	
IR-C	Lesiones en la córnea	

5.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Cada sistema láser deberá llevar de forma permanente y en lugar visible una o más etiquetas de aviso, según la clase o grupo de riesgo al que pertenezca. Junto con la señal triangular de advertencia con el símbolo de peligro por radiación láser, cada equipo llevará en lugar visible otras etiquetas rectangulares con frases de advertencia que permitirán al usuario conocer el riesgo potencial al que se expone y cómo evitarlo. La figura 5 muestra un ejemplo de señalización de un láser.

CLASE 1	PRODUCTO LÁSER CLASE 1.
CLASE 2	RADIACIÓN LÁSER. NO MANTENGA LA VISTA EN EL HAZ. PRODUCTO LÁSER CLASE 2.
CLASE 3A	RADIACIÓN LÁSER. NO MANTENGA LA VISTA EN EL HAZ NI LO MIRE DIRECTAMENTE CON INSTRUMENTOS ÓPTICOS. PRODUCTO LÁSER CLASE 3A.
CLASE 3B	RADIACIÓN LÁSER. EVITE LA EXPOSICIÓN AL HAZ. PRODUCTO LÁSER CLASE 3B.
CLASE 4	RADIACIÓN LÁSER. EVITE LA EXPOSICIÓN OCULAR O DE LA PIEL A RADIACIONES DIRECTAS O DIFUSAS. PRODUCTO LÁSER CLASE 4.
ABERTURA LÁSER	EVITAR LA EXPOSICIÓN. SE EMITE RADIACIÓN LÁSER POR ESTA ABERTURA.
PANELES DE ENCLAVAMIENTO	PRECAUCIÓN. RADIACIÓN LÁSER EN CASO DE APERTURA Y DESACTIVACIÓN DE BLOQUEOS DE SEGURIDAD.

Figura 5. Ejemplo de etiquetado de un láser

Cada **producto láser** (excepto los de la clase 1) deberá describirse en una **etiqueta explicativa** citando:

- ☞ La potencia máxima de la radiación
- ☞ La duración del impulso (si procede)
- ☞ La longitud o las longitudes de onda emitidas

Si la longitud de onda del láser está comprendida entre 400 y 700 nm, se modificará el texto para que diga **"radiación láser visible"**. Si el láser emite a la vez radiación visible e invisible, se hará constar igualmente en la etiqueta.

La **norma CEI-825** fija los **requisitos de información que los fabricantes deben proporcionar al usuario**, entre los que cabe señalar un manual de instrucciones para el montaje, mantenimiento y utilización del equipo de un modo seguro, incluyendo las precauciones que deben adoptarse para evitar exposiciones a radiaciones láser peligrosas en condiciones normales o accidentalmente.

Además del etiquetado correspondiente, es necesaria la observación de las siguientes **medidas:**

- Evitar la presencia de sustancias inflamables en la zona donde opere un equipo láser.
- Retirar o tapar todas las superficies brillantes que puedan provocar reflexiones incontroladas.
- Antes de manipular estos equipos, los trabajadores que vayan a utilizarlos deben someterse a un examen médico específico y conocer perfectamente las instrucciones de su manejo.
- Siempre que no sea posible apantallar completamente la radiación láser o evitar totalmente las reflexiones, utilizar gafas de protección, teniendo en cuenta que nunca ofrecen una protección absoluta, por lo que nunca debe enfrentarse el láser a los ojos.
- Trabajar con la máxima iluminación posible cuando esté funcionando el láser. Un nivel alto de iluminación ofrece mayor protección contra las lesiones oculares, debido a la disminución del diámetro de la pupila.
- Asegurarse de que las gafas de protección no presentan defectos, como variaciones en el color, opacidad, rayas o fisuras.
- Comunicar inmediatamente cualquier avería o funcionamiento defectuoso del equipo y tener presente que estos aparatos nunca deben mantenerse en funcionamiento sin vigilancia.

6. REQUISITOS DE SEGURIDAD A CUMPLIR POR LOS EQUIPOS DE TRABAJO UTILIZADOS O DESARROLLADOS

Todos los equipos de trabajo utilizados deben cumplir los requisitos adecuados que garanticen la seguridad de los trabajadores que los manipulan, así como los bienes patrimoniales de la entidad. Tales requisitos están recogidos en dos **textos legales**, a saber:

- **Real Decreto 1435/1992**, de 27 de noviembre, de aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de Enero.
- **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

El primero de tales textos exige, en líneas generales, que todos los **equipos de trabajo nuevos y prototipos que se desarrollen** deberán disponer de **marcado CE**, así como de **declaración CE de conformidad**. Este **requisito** es aplicable siempre:

- ☞ A todos los equipos nuevos, aunque no presenten riesgo alguno para la seguridad de los usuarios
- ☞ A todos aquellos que sean de fabricación propia, tal es el caso de los prototipos, aunque no se comercialicen
- ☞ En aquellos casos en que se monten máquinas o partes de máquinas de orígenes diferentes

La **declaración CE de conformidad** acredita que la máquina o equipo de trabajo cumple los requisitos esenciales de seguridad y su firma posibilita la colocación de la marca CE en la máquina o equipo en cuestión.

En cuanto a los **equipos y máquinas fabricadas antes del 1 de enero de 1995 que no dispongan de marcado CE**, deben **ponerse en conformidad** con arreglo a lo establecido en el **Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio**.

Una forma de abordar la problemática legal que generan las máquinas y equipos de trabajo es realizar un **inventario** que permita conocer con exactitud las carencias existentes.

7. REFERENCIAS LEGALES

- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- **Real Decreto 485/1997,** 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 1066/2001,** de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. (Correcciones posteriores del 16 y 18 de abril de 2002).
- **Orden CTE/23/2002,** de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomuniaciones**.** (Corrección posterior del 16 de mayo de 2002).
- **International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).** Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300GHz).1998.
- **Recomendación 1999/519/CE,** de 12 de julio de 1999, del Consejo de Europa, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0Hz a 300GHz).

8. BIBLIOGRAFÍA

ASEPEYO. Mutua de Accidentes de Trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social n° 151. Seguridad y Salud frente a emisiones electromagnéticas.2002.

Asociación para la Prevención de Accidentes (A.P.A.). Conocimientos básicos sobre prevención de riesgos laborales. San Sebastián: APA, 2003.

Bowman J D, Kelsh M A, Kaune W T. Manual for Measuring Occupational Electric and Magnetic Field Exposures. NIOSH. 1998.

Casella España S. A. Catálogo de productos. 2002.

Documentación diversa sobre riesgos laborales, facilitada por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPV.

Menéndez F. Higiene Industrial. Manual para la formación del especialista. Valladolid: Lex Nova 2002.

Norma UNE-EN 60825-1/1994, Seguridad de los productos láser modificada por la Norma UNE-EN 60825-1/A-11.

NTP 234: Exposición a radiofrecuencias y microondas. Evaluación. INSHT. 1989.

Rupérez M J y otros. Algunas cuestiones sobre seguridad láser. INSHT, 1996.

Rupérez M J y otros. Radiaciones no ionizantes. INSHT. 1989.

San Martín D. Radiaciones electromagnéticas, microondas y radiofrecuencias. Hornos industriales. INSHT. 1991.

ENLACES DE INTERÉS SOBRE RADIACIONES NO IONIZANTES

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). http://www.mtas.es/insht
- NIOSH. Electric and Magnetic Fields: http://www.cdc.gov/niosh/emfpg.html
- NIOSH. Electric and Magnetic Fields: Questions and answers http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/Q&A-Workplace.html